

1/3/2 (Item 2 from file: 351)  
 DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
 (c) 2006 The Thomson Corporation. All rts. reserv.

0010143963 - Drawing available  
 WPI ACC NO: 2000-452484/200039  
 XRPX Acc No: N2000-336857

**Electrical power transmission system with superconductor cables, includes inductive element made of superconductor which is connected in series with superconductor cable of each phase**

Patent Assignee: LADIE P (LADI-I); NASSI M (NASS-I); PIRELLI CAVI & SISTEMI SPA (PIRE); PIRELLI CAVI E SISTEMI SPA (PIRE)

Inventor: LADIE P; LADIE' P; NASSI M

**Patent Family** (12 patents, 84 countries)

Patent			Application			
Number	Kind	Date	Number	Kind	Date	Update
WO 2000039811	A1	20000706	WO 1999EP10442	A	19991222	200039 B
AU 200021034	A	20000731	AU 200021034	A	19991222	200050 E
BR 199916531	A	20011002	BR 199916531	A	19991222	200167 E
			WO 1999EP10442	A	19991222	
EP 1151442	A1	20011107	EP 1999965571	A	19991222	200168 E
			WO 1999EP10442	A	19991222	
US 20020019315	A1	20020214	US 1999115632	P	19990112	200214 E
			WO 1999EP10442	A	19991222	
			US 2001886043	A	20010622	
KR 2001092749	A	20011026	KR 2001707812	A	20010620	200223 E
CN 1331830	A	20020116	CN 1999814970	A	19991222	200230 E
NZ 512466	A	20020628	NZ 512466	A	19991222	200252 E
			WO 1999EP10442	A	19991222	
HU 200201622	A2	20020828	WO 1999EP10442	A	19991222	200264 E
			HU 20021622	A	19991222	
JP 2002534052	W	20021008	WO 1999EP10442	A	19991222	200281 E
			JP 2000591629	A	19991222	
AU 754643	B	20021121	AU 200021034	A	19991222	200305 E
US 6743984	B2	20040601	US 1999115632	P	19990112	200436 E
			WO 1999EP10442	A	19991222	
			US 2001886043	A	20010622	

Priority Applications (no., kind, date): EP 1998124699 A 19981224; US 1999115632 P 19990112

#### Patent Details

Number	Kind	Lan	Pg	Dwg	Filing Notes
WO 2000039811	A1	EN	37	5	
National Designated States, Original: AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY CA CH CN CU CZ DE DK EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM TR TT UA UG US UZ VN YU ZW					
Regional Designated States, Original: AT BE CH CY DE DK EA ES FI FR GB GH GM GR IE IT KE LS LU MC MW NL OA PT SD SE SL SZ TZ UG ZW					
AU 200021034	A	EN			Based on OPI patent WO 2000039811
BR 199916531	A	PT			PCT Application WO 1999EP10442
					Based on OPI patent WO 2000039811
EP 1151442	A1	EN			PCT Application WO 1999EP10442
					Based on OPI patent WO 2000039811
Regional Designated States, Original: AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI					
US 20020019315	A1	EN			Related to Provisional US 1999115632
					Continuation of application WO 1999EP10442
NZ 512466	A	EN			PCT Application WO 1999EP10442
					Based on OPI patent WO 2000039811
HU 200201622	A2	HU			PCT Application WO 1999EP10442
					Based on OPI patent WO 2000039811
JP 2002534052	W	JA	35		PCT Application WO 1999EP10442
					Based on OPI patent WO 2000039811
AU 754643	B	EN			Previously issued patent AU 200021034
					Based on OPI patent WO 2000039811

US. 6743984

B2 EN

Related to Provisional US 1999115632  
Continuation of application WO

1999EP10442



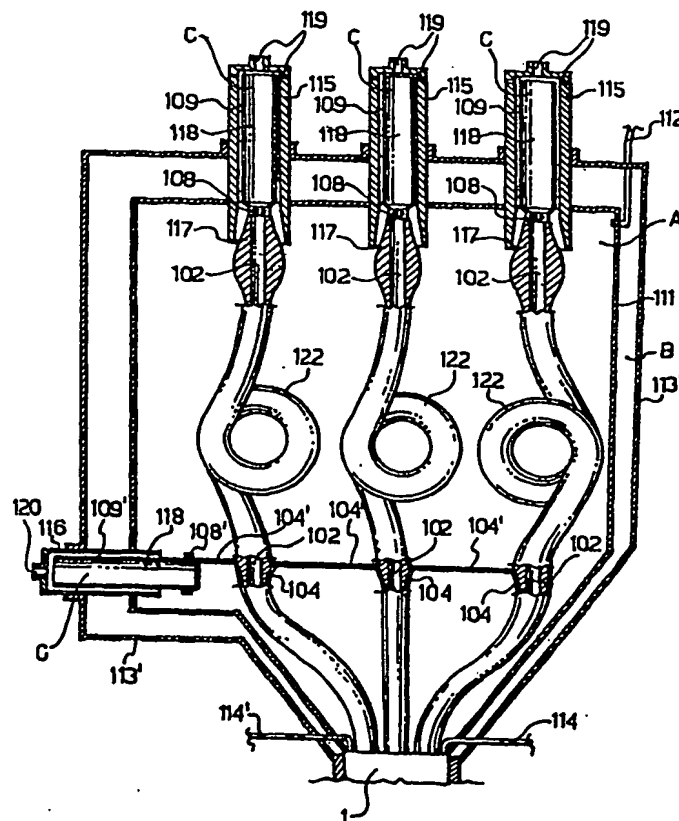
## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>7</sup> : <b>H01B 12/00</b>	<b>A1</b>	(11) International Publication Number: <b>WO 00/39811</b> (43) International Publication Date: <b>6 July 2000 (06.07.00)</b>
<p>(21) International Application Number: <b>PCT/EP99/10442</b></p> <p>(22) International Filing Date: <b>22 December 1999 (22.12.99)</b></p> <p>(30) Priority Data:  98124699.4      24 December 1998 (24.12.98)      EP  60/115,632      12 January 1999 (12.01.99)      US</p> <p>(71) Applicant (for all designated States except US): <b>PIRELLI CAVI E SISTEMI S.P.A. [IT/IT]; Viale Sarca, 222, I-20126 Milano (IT).</b></p> <p>(72) Inventors; and  (75) Inventors/Applicants (for US only): <b>NASSI, Marco [IT/IT]; Via Cibrario, 36bis, I-10100 Torino (IT). LADIE', Pierluigi [IT/IT]; Corso di Porta Ticinese, 69, I-20123 Milano (IT).</b></p> <p>(74) Common Representative: <b>PIRELLI CAVI E SISTEMI S.P.A.; Viale Sarca, 222, I-20126 Milano (IT).</b></p>	<p>(81) Designated States: <b>AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</b></p> <p><b>Published</b>  <b>With international search report.</b></p>	

(54) Title: **ELECTRICAL POWER TRANSMISSION SYSTEM USING SUPERCONDUCTORS**

## (57) Abstract

In general terms, the present invention relates to an electrical power transmission system using superconductors which is compatible with conventional transmission systems. In a first aspect, the present invention relates to a method for installing in an electrical power transmission system a connection using a coaxial superconducting cable, comprising the following steps: determining the reactance of a conventional cable suitable for the said connection; installing the coaxial superconducting cable; increasing the reactance of the coaxial superconducting cable, in such a way that the reactance of the superconducting cable is substantially equal to the reactance of the conventional cable. In particular, the step of increasing the reactance of the coaxial superconducting cable comprises the step of connecting in series with the coaxial superconducting cable an inductive element, preferably made from a superconducting material.



(11)特許出願公表番号

特表2002-534052

(P2002-534052A)

(43)公表日 平成14年10月8日(2002.10.8)

(51) Int.Cl.:

H02H 9/02

識別記号

ZAA

FI

H 0 2 H 9/02

テーマコード\* (参考)

ZAAB 5G013

審查請求 未請求 予備審查請求 有 (全 35 頁)

(2)出願番号 特願2000-591629(P2000-591629)

(86) (22)出願日 平成11年12月22日(1999. 12. 22)

(85) 翻訳文提出日 平成13年6月22日(2001.6.22)

(86) 國際出願番号 PCT/EP99/10442

(87) 國際公開番号 WO 00 / 39811

(87) 国際公開日 平成12年7月6日(2000.7.6)

(31)優先權主張番号 98124699.4

(32)優先日 平成10年12月24日(1998. 12. 24)

(33)優先権主張国 欧州特許庁 (E P)

(31)優先權主張番号 60/115, 632

(32)優先日 平成11年1月12日(1999.1.12)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 ビレリー・カピ・エ・システミ・ソチエ  
タ・ベル・アツィオーニ

**Pirelli Cavi e Sistemi S. p. A**

イタリア国 20126 ミラノ, ヴィアーレ・サルカ 222

(72)発明者 ナッシ, マルコ

イタリア国イー10100 トリノ, ヴィア・  
チブラリオ 36ビス

(72)発明者 ラディエ, ピエルルイジ

イタリア国イ-20123 ミラノ, コルソ・  
ディ・ティチネーゼ 69

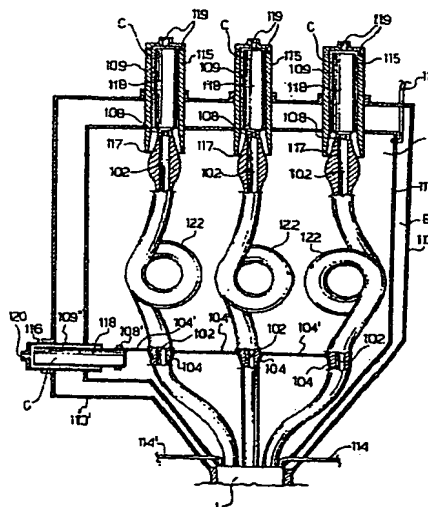
(74)代理人 弁理士 社本 一夫 (外5名)

**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 超電導体を用いる送電システム

(57) 【要約】

本発明は、従来の送電システムと互換し得る超電導体を用いる送電システムに関する。本発明は、送電システムに同軸型超電導ケーブルを用いる接続線路を組込む方法に関し、前記接続線路に適する従来のケーブルのリアクタンスを決定し、同軸型超電導ケーブルを組み込み、同軸型超電導ケーブルのリアクタンスが従来のケーブルのリアクタンスと等しくなるように同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップを含む。特に、同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップは、超電導体から作られることが望ましい誘導素子を同軸型超電導ケーブルと直列に接続するステップを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回路網のノード間の線路を接続する連結ノードと、  
前記回路網の2つのノード間に接続された第1のリアクタンスが関連する同軸超電導ケーブルと、  
を含む送電回路網であって、  
少なくとも1つの誘導素子を含み、前記同軸型超電導ケーブルと直列に接続された第2のリアクタンスが前記誘導素子と関連することを特徴とする回路網。

【請求項2】 前記第1のリアクタンスと前記第2のリアクタンスとの和が、接続線路に適する従来のケーブルのリアクタンスに実質的に等しい値の第3のリアクタンスに実質的に等しいことを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項3】 少なくとも1つの前記誘導素子が超電導ケーブルを含むことを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項4】 少なくとも1つの前記誘導素子が鉄心を含むことを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項5】 少なくとも1つの前記誘導素子が前記同軸型超電導ケーブルの一端部に配置されることを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項6】 少なくとも1つのインダクタンスが、一方が前記超電導ケーブルの一端部に配置され他方が反対側端部に配置される2つの部分を含むことを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項7】 前記同軸型超電導ケーブルが多相タイプであることを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項8】 前記超電導ケーブルの各相と直列に接続された少なくとも1つの誘導素子を備えることを特徴とする請求項7記載の回路網。

【請求項9】 前記同軸型超電導ケーブルが導電体の支持部を含むことを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項10】 前記同軸型超電導ケーブルが複合材料の支持部を含むことを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項 1 1】 同軸型超電導ケーブルを用いる接続線路を送電システムに組込む方法であって、

前記接続線路に適する従来のケーブルのリアクタンスを決定するステップと、  
予め定めたリアクタンスを持つ前記同軸型超電導ケーブルを組込むステップと、

前記同軸型超電導ケーブルの前記リアクタンスが前記従来のケーブルのリアクタンスに実質的に等しくなるように、前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップと、  
を含む方法。

【請求項 1 2】 前記従来のケーブルのリアクタンスを増加するステップが、該同軸型超電導ケーブルと直列に誘導素子を接続するステップを含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の方法。

【請求項 1 3】 前記誘導素子が超電導体であることを特徴とする請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 4】 前記同軸型超電導ケーブルが達した最高温度が超電導体の臨界温度と冷却流体の最低使用圧力における流体の沸点との間の最低温度より低くなるように、並列の導通経路を前記同軸型超電導ケーブルと関連させるステップを含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の方法。

【請求項 1 5】 送電システムにおいて、従来のケーブル接続線路を同軸型超電導ケーブル接続線路で置換する方法であって、

前記従来のケーブルを除去するステップと、

前記同軸型超電導ケーブルを組込むステップと、

を含む方法において、

前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップを更に含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 6】 前記従来のケーブルのリアクタンスを決定するステップと、

前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスが、前記従来のケーブルのリアクタンスと実質的に等しくなるように、前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを

増加するステップと、

を更に含むことを特徴とする請求項15記載の方法。

【請求項17】 前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップが、誘導素子を前記同軸型超電導ケーブルと直列に接続するステップを含むことを特徴とする請求項15記載の方法。

【請求項18】 前記誘導素子が超電導体を含むことを特徴とする請求項17記載の方法。

【請求項19】 前記同軸型超電導ケーブルが達した最高温度が、超電導体の臨界温度と冷却流体の最低使用圧力における流体の沸点との間の最低温度より低くなるように、並列の導通経路を前記同軸型超電導ケーブルと関連させるステップを含むことを特徴とする請求項15記載の方法。

【請求項20】 周囲温度において多相ケーブルと電気装置との間を接続する断熱端子であって、前記ケーブルが、各相ごとに、相超電導体と介挿された絶縁層と同軸の帰還超電導体とを有する少なくとも1つの同軸ユニットを含み、かつ前記同軸ユニットの各々の前記超電導体を超電導状態に維持する熱制御手段を含む断熱端子において、

各相超電導体と直列に接続された誘導素子を  
含むことを特徴とする断熱端子。

【請求項21】 少なくとも1つのケーシングと、  
冷却手段と、

周囲温度において前記装置に対する接続のための対応する相コネクタを有する、  
各相超電導体に対する活動状態の電流リード線と、  
を備え、

前記電流リード線は、前記相超電導体と電流リード線の前記コネクタとの間に抵抗導体が設けられ、前記抵抗導体と前記相超電導体との間の接続領域が前記ケーシング内部に配置される  
ことを特徴とする請求項20記載の端子。

【請求項22】 上端部が周囲温度における装置へ接続される帰還コネクタに接続された、1つの帰還抵抗導体が設けられた1つの帰還電流リード線と、

超電導体から作られた、前記帰還超電導体と 1 つの前記帰還抵抗導体との間の  
接続手段と、

を備え、

超電導体から作られた前記接続手段と、 1 つの前記帰還抵抗導体との間の接合  
領域と、帰還超電導体と 1 つの前記抵抗導体との間の少なくとも前記接続手段と  
が、前記ケーシング内部にあり、かつ前記冷却手段の圧力により超電導状態に対  
応する臨界温度より低い温度にある

ことを特徴とする請求項 20 記載の端子。



## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、一般に、従来の伝送システムと互換性のある超電導体を用いる送電システムに関する。

## 【 0 0 0 2 】

周知のように、超電導体は、金属、合金、酸化物、および一般に、臨界温度と通常呼ばれるある温度より低温で實際上ゼロ値まで抵抗率の低下を呈する化合物である。

## 【 0 0 0 3 】

特に、超電導体は、その臨界温度、臨界磁場、および臨界流れ密度より低い場合にのみ超電導状態を維持する。

超電導体材料は、一般にニオブ (n i b b i u m) およびチタンの合金のような金属である低温度タイプ、あるいは一般にビスマス、ストロンチウム、カルシウムおよび銅の酸化物 (B S C C O) またはイットリウム、バリウムおよび銅の酸化物 (Y B C O) に基くもののようなセラミックである高温度タイプがある。

## 【 0 0 0 4 】

事例として、これらの物質の 1 つ、およびその製法について、本出願人が保持するヨーロッパ特許第 6 4 6 , 9 7 4 号における記載が参照可能である。

超電導体の分野では、かつ本文の記述の目的のために、用語「低温超電導体」とは、4°K (略々 - 2 6 9 °C) 程度の適用温度を有する物質を指し、「高温超電導体」とは、7 0 ないし 7 7 °K (略々 - 2 0 3 ないし 1 9 6 °C) 程度の適用温度を有する物質を指す。

## 【 0 0 0 5 】

これら温度で動作するためには、これらの超電導体は、低温度に対しては液体ヘリウム、また高温度に対しては液体窒素のような適切な冷却流体で冷却される。

## 【 0 0 0 6 】

本文の目的のためには、「周知のケーブル (c o n v e n t i o n a l c a b l e)」とは、ゼロでない抵抗値を持つ電導体を用いる非超電導ケーブル、特

に少なくともゼロでない電気抵抗値の特性を持つ主要部分を有するケーブルを指す。送電網あるいは配電網は、一般に異なる方法（成端負荷、ループあるいは混成形態で）で接続されたケーブルまたは高架線路からなり、かつ（回路網の接続線路の）相互接続ノード、あるいは発電所により給電される下部ステーション、変電所および使用者の負荷のような回路網の成端ノードに接続された諸装置冠にエネルギーを搬送することが可能である1組の接続線路を含む。

#### 【0007】

送電回路網は、ときに故障が存在するとき、特に装備、特に線路の短絡回路が生じるときに生じる過大電流、換言すれば運転値より高い値を有する電流を受けることがある。このケーブルにおいては、このような過大電流は、構造物に固定されない諸部分を破壊し得る電流力のみでなく、存続し得たとしても絶縁体の焼損や絶縁体に接する可燃性物質（例えば、変圧器油）における火災を生じる結果となる過剰な温度上昇をも生じるおそれがある。

#### 【0008】

従来の回路網における諸設備においては、自動的な遮断および再接続装置により設定値に等しい電流値で回路を開き過電流が止まると回路を再び閉じる自動回路ブレーカを使用することによって、過電流の保護が講じられる。

#### 【0009】

これらの回路ブレーカあるいは設備に存在する変圧器のような他の装備の保護のために、他のシステムのなかでも、誘導タイプあるいは抵抗タイプの電流制限装置を使用することが可能である。

#### 【0010】

保護されるべき設備と直列に取付けられる電流リミッタは、正常な運転中は低インピーダンスを持つが、回路網に過電流が生じると、回路ブレーカあるいは変圧器を破壊しないように電流を閾値より低く制限するためそのインピーダンスを増加する。物質の超電導特性を利用するインダクタンスを含む過電流リミッタが公知である。正常な条件下では、これらのリミッタあるいはその部品は、超電導状態にあり、低いインピーダンスをもつように意図される。過電流が存在すると、これらリミッタは超電導状態でなくなり、高いインピーダンスを呈するように

動作 ( b e h a v e ) する。

【 0 0 1 1 】

このタイプのリミッタについては、例えば、米国特許第 5 , 1 4 0 , 2 9 0 号、同第 5 , 5 4 6 , 2 6 1 号、およびヨーロッパ特許第 3 3 6 , 3 3 7 号に記載されている。

【 0 0 1 2 】

V a n i n i 、 B r e s c i a により 1 9 5 3 年に発刊された F . T i b e r i o の書籍「 I m p i a n t i e l e t t r i c i 」は、従来の非超電導回路網について、母線（母線の 2 つの部分間に直列に）かあるいは線路のいずれかに（換言すれば、発電所から離れた母線と線路間に）接続されるリアクタンス・コイルの使用について記載している。

【 0 0 1 3 】

出願人は、超電導ケーブル装置が典型的に、例えば回路網の 2 つのノード間で従来のケーブルを超電導ケーブルで置換することにより、あるいは新たな区間を挿入することによって、従来の回路網内で設けられることが意図されることを観察してきた。

【 0 0 1 4 】

出願人は、超電導体を用いる送電システムと従来の導線を用いる送電システムとの間の互換性の問題が従来技術において取組まれなかったことを観察してきた。

【 0 0 1 5 】

特に、出願人は、短絡回路の場合に同軸の超電導ケーブルを従来の回路網内部で用いる送電システムの動作 ( b e h a v i o r ) の問題と取組んできた。

出願人は、同軸の超電導ケーブルを回路網に導入することが、従来のケーブルの特性インピーダンス値と比較して同軸超電導ケーブルの特性インピーダンス値が低くなる結果として問題になる分岐部における短絡回路電流の値の増加を招くおそれがあることに注意してきた。

【 0 0 1 6 】

また、従来の線路より低い特性インピーダンスを持つ同軸超電導ケーブルが短

絡回路電流に対して望ましい経路を形成し、従来の線路より高い電流に耐えねばならないものに近い線路をもたらすことに注意してきた。

【 0 0 1 7 】

同軸型超電導ケーブルの低い特性インピーダンスがその低抵抗によるものであり、かつその低リアクタンスによるものである。後者の値は、インピーダンスの絶対値に最も大きな影響を及ぼすものである。同軸型超電導ケーブルのリアクタンスは、相超電導体と、相超電導体と逆方向にこれにより搬送される電流量に等しい電流量を搬送する帰還超電導体とを含むその同軸構造によって低い。しかし、従来の非同軸ケーブルにおいては、リアクタンスは、ケーブルの幾何学的特性の、かつ一方のケーブルの他のケーブルに対する相対的位置の関数である。

【 0 0 1 8 】

現時点では、出願人は、過電流が存在する場合に同軸型超電導ケーブルの回路網全体に対する互換性を保証する問題と取り組んでいる。

出願人はまた、短絡回路が超電導ケーブルに対する諸問題を生じることにも観察してきた。特に、短絡回路が存在する場合は、超電導体が超電導状態から通常の伝導状態、換言すれば抵抗状態へ移行し、この状態ではジュール効果による熱の放出が著しく増加し、その結果冷却液の潜在的な蒸発によりケーブルの温度上昇があることが観察されてきた。通常の運転状態が回復されると、換言すれば短絡回路の終端では、超電導体は公称運転温度へ戻るはず、換言すれば冷却するはずで、超電導状態へ戻る。このことは、冷却して超電導状態へ戻るのを待つことが必要であるため、超電導ケーブルが短絡回路の回復直後は正しく動作し得ないことを意味する。

【 0 0 1 9 】

従来のケーブルと同軸の超電導ケーブルを用いる回路網において上記の問題が生じると、出願人は、過電流の存在時に同軸型超電導線路の電氣的動作を従来のケーブルを用いる類似の線路の動作に実質的に等しくすることによって、前記の問題を解決でき、あるいは減衰できることを実現した。

【 0 0 2 0 】

更に詳細に述べると、出願人は、先に述べた問題に対して最も重要である超電

導線路の電氣的値がこれを構成するケーブルの誘導リアクタンスであり、この値が同軸型超電導ケーブルにおいて従来のケーブルにおけるよりも著しく低いことを実現した。

【 0 0 2 1 】

更にまた、出願人は、ここに述べた問題に対する解決策が、同じ運転条件において同軸型超電導ケーブルの誘導リアクタンスの値を従来のケーブルのそれに等しいかあるいはこれに近づけることによって達成されることを発見した。

【 0 0 2 2 】

本発明の実施の形態は、同じ結線において（ケーブルおよび誘導子に対する）リアクタンスの合計値が従来のケーブルのそれに等しくしあるいはこれに近づけるようなリアクタンス値を持つ誘導素子の同軸型超電導ケーブルと直列の結線を含んでいる。

【 0 0 2 3 】

出願人は、このような解決策が、超電導線路の従来の回路網との完全な互換性を獲得することを可能にすることを発見した。

本発明の別の特質によれば、出願人は、過電流が存在して超電導体が超電導状態から通常の状態へ移行するときに超電導ケーブルが過熱することを阻止するために、超電導ケーブルと並列の付加的な電流経路をケーブルに提供しなければならないことを発見した。

【 0 0 2 4 】

出願人は、本発明の教示が適用されるとき、従来の線路を含む類似の回路網に対して用いられるものとは異なる（換言すれば、高い電流に耐えかつこれを停止することが可能である）保護装置を備えた超電導線路を含む回路網を提供することが不要であることを更に注目した。

【 0 0 2 5 】

本発明は、第1の特質において、送電回路網に関するものであり、

回路網の連結ノードおよび該ノード間の結線と、

前記回路網の2つのノード間に接続された第1のリアクタンスが関連する同軸型超電導ケーブルと、

を含む送電回路網であって、  
少なくとも1つの誘導素子を含み、該誘導素子に前記同軸型超電導ケーブルと直列に接続された第2のリアクタンスが関連することを特徴とする。

【0026】

前記第1のリアクタンスと前記第2のリアクタンスとの和が、値が前記結線に適する従来のケーブルのリアクタンスに実質的に等しい第3のリアクタンスに実質的に等しいことが望ましい。

【0027】

特に、少なくとも1つの前記誘導子は、超電導ケーブルを含み、かつ鉄心を含んでいる。

少なくとも1つの前記誘導子は、前記同軸型超電導ケーブルの一端部に配置され、あるいは一方が前記超電導ケーブルの一端部に置かれ他方が反対端部に置かれる2つの部分を含む。

【0028】

実施の一形態において、前記同軸型超電導ケーブルは、多相タイプであり、前記同軸型超電導ケーブルの各相と直列に接続された少なくとも1つの誘導子を含んでいる。

【0029】

有利な実施の一形態において、前記同軸型超電導ケーブルは、導電性材料の支持部を含み、代替的な実施の形態においては、複合材料の支持部を含む。

本発明は、第2の特質において、送電システムに同軸型超電導ケーブルを用いる結線を組込むための方法に関するものであり、

前記結線に適する従来のケーブルのリアクタンスを決定し、

予め定めたリアクタンスを持つ前記同軸型超電導ケーブルを組み込み、

前記超電導ケーブルの前記リアクタンスが前記従来のケーブルのリアクタンスに実質的に等しくなるように、前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加する  
ステップを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 3 0 】

特に、前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップは、望ましくは超電導体から作られた誘導子素子を前記同軸型超電導ケーブルに直列に接続するステップを含んでいる。

## 【 0 0 3 1 】

望ましくは、本発明の別の特質によれば、前記方法はまた、前記同軸型超電導ケーブルが達する最高温度が超電導体の臨界温度と冷却流体の最低使用圧力における同流体の沸点との間の最低温度より低くなるように短絡回路電流が前記超電導ケーブルと前記導通経路間に分散されるよう、予め定めた抵抗値の並列導通経路を前記同軸型超電導ケーブルに関連付けるステップを含んでいる。

## 【 0 0 3 2 】

本発明は、第3の特質において、送電システムにおいて従来のケーブル接続を同軸型超電導ケーブル接続で置換する方法に関し、

前記従来のケーブルを取除き、

前記同軸型超電導ケーブルを組込むステップを含む方法であって、

前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップを更に含むことを特徴とする。

## 【 0 0 3 3 】

望ましくは、当該方法は更に、

前記従来のケーブルのリアクタンスを決定し、

前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスが前記従来のケーブルのリアクタンスに実質的に等しくなるように、前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加する

ステップを含んでいる。

## 【 0 0 3 4 】

特に、前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップは、望ましくは超電導体から作られた誘導子を前記同軸型超電導ケーブルに直列に接続するステップを含む。

## 【 0 0 3 5 】

望ましくは、当該方法はまた、前記同軸型超電導ケーブルが達する最高温度が超電導体の臨界温度と冷却流体の最低使用圧力における流体の沸点との間の最低温度より低くなるように、並列導通経路を前記同軸型超電導ケーブルに関連付けるステップを含んでいる。

【 0 0 3 6 】

本発明は、第4の特質によれば、周囲温度における多相ケーブルと電気装置との間の接続のための断熱端子に関し、前記ケーブルは、各相において、相超電導体と同軸の帰還超電導体と介挿された絶縁層とを持ち、更に同軸ユニットの各々の前記超電導体を超電導状態に維持する熱制御手段を持つ、少なくとも1つの同軸ユニットを含む端子であって、

各相超電導体と直列に接続された誘導子を含むことを特徴とする。

【 0 0 3 7 】

望ましくは、前記端子は、

少なくとも1つのケーシングと、

冷却手段と、

周囲温度における前記装置に接続するための対応相コネクタを持つ各相の超電導体に対する電流の流れるリード線と、  
を含み、

電流の流れる前記リード線は、相超電導体とリード線の前記コネクタ間に抵抗導体が設けられ、前記抵抗導体と前記相超電導体間の接続領域が前記ケーシング内部に置かれる。

【 0 0 3 8 】

望ましくは、前記端子は、

上端部が周囲温度における装置に接続される帰還コネクタに接続された、1つの帰還抵抗導体が設けられた1つの帰還電流リード線と、

前記帰還超電導体と前記1つの帰還抵抗導体間の超電導体から作られた接続手段と、

を含み、

超電導体から作られた前記接続手段と前記1つの帰還抵抗導体間の接合領域と、



前記帰還超電導体と前記1つの抵抗導体間の少なくとも前記接続手段とは、ケーブル内部にあり、かつ前記冷却手段の圧力による超電導状態に対応する臨界温度より低い温度である。

【0039】

本発明については、本発明の実施の形態の以降の記述と添付図面の助けにより、更に明瞭に理解されよう。

図1において、本発明による3相超電導ケーブルの事例は、各相に対して1つずつ、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>によりそれぞれ示され、例えば鋼鉄、アルミニウムなどのような金属材料から作られた管状の収容ケーシング8の内部にゆるく収容されることが望ましい3つの導体要素を含んでいる。

導体要素Cの各々は、更に、1対の同軸導体、すなわち相導体2と帰還導体 (return conductor) 4とを含み、その各々が少なくとも1層の超電導体を含んでいる。

【0040】

同軸状の相導体2と帰還導体4とは、誘電体層3の介挿により相互に電氣的に絶縁されている。図示された事例では、超電導体は、管状支持要素5と絶縁体3とにそれぞれ巻付けられた重ね合わせた複数のストリップに組込まれている。

【0041】

ケーブル1はまた、超電導体2、4を、図1のケーブルでは「高温」タイプと呼ばれる先に選定した超電導体の臨界温度より十分に低い温度まで冷却する適切な手段を含んでいる。

【0042】

前述の手段は、それ自体公知であり従って図示しない、典型的に65°Kないし90°Kの範囲の温度における適切な冷却流体、例えば液体窒素を、導体素子Cの各々の内部F1とこれら要素および管状ケーシング8間の中間域F2とへ供給するよう設計された適切な圧送手段を含む。

【0043】

帰還導体4の外部には、短絡回路に対する金属保護要素6があり、その後に機械的保護要素7がある。

外部環境に対する熱の放散を最小限に抑えるために、超電導体は、例えば絶縁体の複数の重合層と少なくとも1つの保護鞘体とにより形成された断熱体を含む収容構造すなわちクライオスタット ( c r y o s t a t ) の内部に収容される。

【 0 0 4 4 】

当技術では公知であるクライオスタットについては、例えば「 I E E E T r a n s a c t i o n s o n P o w e r D e l i v e r y 」における論文 ( 第7巻、1745-1753ページ、1992年10月4日)に記載されている。

【 0 0 4 5 】

特に、図示された事例においては、当該クライオスタットは、例えば、必要に応じて介挿されたスペーサ要素 ( 図示せず) の助けによりゆるく巻付けた、当技術では「超断熱」として知られる金属をコートしたプラスチック材料 ( 例えば、ポリエステル樹脂) の複数のストリップからなる絶縁体層9を含む。

これらのストリップは、ケーシング8と管状要素10とにより仕切られ、内部に $10^{-2}$  N / m<sup>2</sup>程度の真空が公知の装置により維持される、環状の空隙に収容される。

【 0 0 4 6 】

金属から作られた管状要素10は、環状空隙に対し必要な防水性を与えることができ、例えばポリエチレンから作られた外側の鞘部11で被覆される。

金属の管状要素10は、管状に湾曲され長手方向に溶接された、鋼鉄、銅、アルミニウムなどから作られたストリップから作られ、あるいは押出し成形チューブまたは類似の要素から作られることが望ましい。

【 0 0 4 7 】

要素10は、ケーブルの可撓性の要件を満たす必要があるならば、蛇腹状にすることもできる。

実施の一形態においては、ケーブルの超電導体は、セラミック・タイプの高温度超電導体として知られる超電導体に基いてストリップにより形成される。

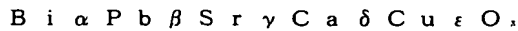
【 0 0 4 8 】

特に、当該実施の形態においては、超電導体ストリップは、15ないし80 n

m の直径を持つ管状の支持部 5 および絶縁体の周囲に、ケーブルの方向に対し一定あるいは可変である典型的に  $10^\circ$  ないし  $60^\circ$  の範囲の巻付け角度でストリップ間および各ストリップ内部に巻付けられる。

#### 【 0 0 4 9 】

高温型超電導体ストリップは、銀または類似の金属合金から作られたケーブル内部に、構造式



を持つ記号 B S C C O により当産業に公知のものをを用いるのが常道である、超電導体を含んでいる。

但し、

$\alpha$  は、1.4 ないし 2.0 の数、 $\beta$  は 0 ないし 0.6 の数、 $\gamma$  は 1.5 ないし 2.5 の数、 $\delta$  は 0 ないし 2.5 の数、 $\epsilon$  は 1.0 ないし 4.0 の数であり、 $x$  は存在する種々の酸化物に対応する化学量論の値である。

#### 【 0 0 5 0 】

本発明によれば、超電導ケーブルの短絡回路からの高速なあるいは更に瞬間的な復旧時間か、あるいは換言すれば、超電導ケーブルの温度上昇が制限されるような復旧時間が要求されるならば、管状の支持部 5 および保護層 6 は、導電素材、例えば適切な寸法の銅またはアルミニウムからなることが望ましい。要素 5 および 6 は、両者間に電氣的接続が存在するように超電導ケーブルのストリップと関連している。このように、過電流の場合は、超電導体は抵抗状態へ移り、過電流が要素 5、6 の金属により形成された超電導ケーブルと並列な導通経路に流れる。要素 5、6 における導電性金属材料の品質は、超電導ケーブルが達する最高温度が、予め定めた安全マージンにより、超電導体の臨界温度と冷却流体（窒素）の最低使用圧力における流体の沸点間の最低温度より低い如きものである。

#### 【 0 0 5 1 】

望ましくは、超電導体ストリップは、ストリップの金属コーティングに接合された金属素材（ステンレス鋼、青銅、ベリリウムあるいはアルミニウム）の少なくとも 1 つの補強ストリップ（図示せず）を含む。このような補強ストリップの存在は、組込みあるいは使用において与えられる種々の機械的あるいは熱的な応

力に対するケーブルの抵抗性を増加することを可能にする。

【 0 0 5 2 】

本発明の更なる実施の形態によれば、支持部 5 は、複合タイプであり、金属素材およびプラスチック素材（例えば、テフロン（登録商標））の複数の隣接する環状セクタを含む。このように、要素 5 は超電導体の熱膨張係数より大きな熱膨張係数を有し、従ってケーブルの冷却過程において超電導体内部の応力をこれと干渉することにより誘起することなく超電導体より大きな程度収縮することができる。

【 0 0 5 3 】

金属およびプラスチックのセクタ数と、これらセクタの配置とは、ケーブルの設計要件に従って当業者が決定することができる。

有利なことに、このように、支持部 5 は複数の機能を同時に行う。これら機能の 1 つは、超電導ケーブルが（周囲温度で）組込まれた後で、超電導ケーブルの冷却中に妨げられた熱膨張により超電導体の層の長手方向の変形を制限することである。その 1 つは超電導体を機械的に支持することであり、他は、過渡的な短絡回路の存在中に超電導ケーブルを安定化させるに十分な金属を提供すると同時に、ケーブルの終端においてその端部により及ぼされる応力を減じることである。

【 0 0 5 4 】

1 つのタイプの同軸型 3 相超電導ケーブルについて事例として記述したが、他のタイプのケーブル、例えば単相ケーブルあるいは単一素子ケーブル（換言すれば、各相ごとに個々のケーブル）も本発明に従って使用することができ、クライオスタットもまた異なる方法で、例えば周囲温度に保持された絶縁体を用いて構成することができる。

【 0 0 5 5 】

超電導ケーブルは、一般に、下部構成局あるいは配電あるいは送電回路網の変電所に、例えば出願人名義のヨーロッパ特許出願第 7 8 0 , 9 2 6 号に記載されたもののような接続端子により接続される。

【 0 0 5 6 】

臨界温度より低く冷却された3つの単相の同軸超電導ケーブル間の接続のための端子、および前掲の特許出願に記載された周囲温度における対応する端子は、図2に示される。

【0057】

ケーブルおよび端子を冷却するシステムについては、当業者には周知であるため本文では記述しない。

端子は、主として、ケーブルの部品がその臨界超電導温度より低く保持される冷却領域Aと、領域Aの周囲に置かれた断熱領域Bと、周囲温度において外部からケーブルの冷却領域への熱の侵入に応動する手段が設けられる熱制御領域Cとを含んでいる。

【0058】

図2の下部は、それぞれが単一ケーブル1に帰属する単相タイプの3つの同軸ケーブルの端子への進入部を示している。

特に、活動相 (live phase) の各超電導体102は、冷却領域へ延長し、端子のクランプ108により抵抗導体109に接続され、更に、導体109は熱制御領域Cを通過し、最後に周囲温度の電気装置のコネクタ119に接続される。

【0059】

進入部から冷却領域に対し、3つの帰還超電導体104が超電導接続手段104'により連結され、クランプ108'により、コネクタ120を介して他の相導体のように外部へ延びる抵抗導体109'により形成された1本のリード線に対して接続される。

【0060】

超電導接続手段は、帰還導体の最後の部分の特定の構成に従って形成された超電導素子を含んでいる。

図2に示されるように、端子の冷却領域は、金属素材のケーシング111により仕切られ、その内部に冷却流体、望ましくは約-200℃の温度の液体窒素が流入チューブ112を介して注入される。

【0061】

所与の温度におけるケーシングへの液体窒素の注入、およびケーシング周囲の断熱度は、ケーシングの冷却領域がつねに臨界温度より低い温度、換言すれば、超電導体が超電導体としての特性を停止する温度であるように制御される。

【 0 0 6 2 】

ケーシング周囲の断熱領域は、空間を仕切る容器 1 1 3 によって提供され、その内部はケーシングの周囲で真空が維持される。

各々が図示のように流入チューブ 1 1 4、流出チューブ 1 1 4' により内部を循環する液体窒素により臨界温度より低く保持される 3 本の単芯ケーブルは、容器およびケーシングの進入部へ置かれる。

【 0 0 6 3 】

相導体 ( phase conductor ) 1 0 9 および帰還導体 ( return conductor ) 1 0 9' はケーシングおよび容器のカバーを経て、それぞれ高電圧絶縁体 1 1 5 および低電圧絶縁体 1 1 6 の内部に残される。

【 0 0 6 4 】

各絶縁体の内面の下部は、対向する裁頭円錐の形態に整形され、電界の制御のため相超電導体の周囲に反射コーン 1 1 7 から隔てられている。

図 3 に例示のため略図的に示された送電／配電システムについて、次に考察する。

【 0 0 6 5 】

このような回路網は、発電機 4 1 に接続されたノード 4 2 と、任意の種類の負荷 4 4 に接続されたノード 4 3 との間に延在する複数本のケーブル 2 0、3 0、4 0、5 0、6 0、7 0、8 0 を含んでいる。ケーブル 2 0、3 0、4 0、5 0、6 0、7 0、8 0 は、従来のケーブルすなわち非超電導ケーブルからなるものと見なされ、これにある特性的なインピーダンスが関連付けられる。

【 0 0 6 6 】

ここで、従来のケーブル 6 0 が等しい長さの同軸超電導ケーブルと置換されるものと仮定しよう。

このケーブルは、それ自体の性質により、置換された従来のケーブルのインピーダンスよりはるかに小さなインピーダンス特性を呈する。

## 【 0 0 6 7 】

短絡回路が生じた場合、例えば、ノード 4 3 が地電位になる場合、ノード 4 2 とノード 4 3 間に（短絡回路）電流の流れが生じる、回路網の導体に流れる。ケーブル 6 0（特に、ゼロのインピーダンスを持つ）と残りのケーブル間のインピーダンスの差により、大部分の電流はケーブル 6 0 に流れる。

## 【 0 0 6 8 】

これもまた、ケーブル 6 0 に接続されたケーブルに過剰電流負荷を生じ、特に、これらケーブルが全て従来のタイプであった場合に生じる電流よりかなり大きな電流の流れをケーブル 2 0、3 0 に生じ、これによりおそらくは回路網に対する破壊を生じる。

## 【 0 0 6 9 】

例えば発電機 4 1 とノード 4 2 間のある区間を加えることにより新たな同軸超電導ケーブルが回路網に付設された場合にも、同様な状況が生じることになる。

特に、複雑な混交回路網（例えば、都市の中核部に供給するため要求されるような）が超電導ケーブルにより構成されると、この回路網が従来のケーブルにより構成された場合に比して 7 0 % までの短絡回路電流の増加となろうことが計算された。

## 【 0 0 7 0 】

本発明によれば、出願人は、これらの問題が従来のケーブルを用いる同様な線路の過電流に実質的に等しい過電流の存在状態で同軸超電導ケーブルに電氣的な動作を生じさせることにより解決されることを発見した。

## 【 0 0 7 1 】

特に、（ケーブルおよび誘導子に対する）リアクタンスの合計値が同じ接続の場合の従来のケーブルの（同じ程度の大きさの）それに等しいかこれに近いようなリアクタンス値を持つ誘導素子に対し同軸型超電導ケーブルを直列に接続することにより、過電流の存在時の回路網の動作が、回路網が全く従来タイプのケーブルからなるときに見出された動作へ戻されることを発見した。

## 【 0 0 7 2 】

図 4 は、図 2 に関して先に述べたものと類似の接続端子を含む本発明による接

続端子の特定の実施の形態を示している。図4において、図2と同じ参照番号が同じ種類の構成要素を示すために用いられる。

#### 【0073】

図4の下部は、ケーブル1に帰属する3本の同軸ケーブルの端子への進入部を示している。進入部から冷却領域Aに至る3本の帰還超電導体104は、超電導接続手段104'により連結され、かつコネクタ120により外部へ延長される抵抗導体109'で形成される1本の電流リード線にクランプ108'により接続される。

#### 【0074】

ケーシング113'内部に延長する適当な寸法の3相超電導体102が、先に述べたように決定された値を持つ3つのリアクタンス・コイル122を形成するように巻付けられる。

#### 【0075】

3つのコイル122は、相互誘導を防止するように配置されるべきことが望ましい。

図2における端子に関して述べたものと同じように、通電する各相超電導体102が冷却領域Aへ延長し、クランプ108により抵抗導体109に接続され、更に、導体109は熱制御領域Cを通過し、最後に周囲温度の電気装置のコネクタ119に接続される。

#### 【0076】

リアクタンス・コイル122は、端子内部に配置されることが望ましいが、超電導ケーブルに沿った任意の点に配置してもよい。更に、寸法または他の様々な因子のゆえに、リアクタンス・コイル122は、例えば、2つの端子間に分散することも（例えば、2つの部分へ抵抗値を分けることにより）でき、いずれの場合も複数の部分へ分け、超電導ケーブルに沿って複数の点に配置することもできる。

#### 【0077】

本発明による接続線路を設計する方法の数値例を以下に示す。

図5は、回路網100に接続された発電機41を略図的に示している。接続線



路 9 0 は、回路網 1 0 0 を負荷 4 4 に接続している。

【 0 0 7 8 】

線路 9 0 により行われる接続は、下記の特性パラメータを有する。

電力  $P$  : 1 0 8 M V A

電圧  $V$  : 1 1 5 k V

周波数  $f$  : 6 0 H z

長さ  $L$  : 8 k m

これらのパラメータを用いると、当業者に周知の方法により、最初の近似においてこのような接続に適するケーブルの特性を決定することが可能である。

【 0 0 7 9 】

用語「このような接続に適する従来のケーブル」とは、予め定めた特性パラメータを持つ接続において電力を伝送することが可能であるケーブルを指す。例えば、先に列記した接続の主な特性パラメータ、すなわち、電力、電圧、周波数および長さは、公知の方法を用いてこのような接続に適する 3 本のケーブルの 3 相グループのケーブル区間を決定するのに、最初の近似において用いることができる。その結果、公知の方法を用いて個々のケーブルのリアクタンスを決定することが可能である。

【 0 0 8 0 】

従来のケーブルを用いる先に述べた接続のあり得る実施の形態は、5 0 0 m m<sup>2</sup> の断面を持つ 3 本の銅ケーブルのグループの使用を含む。

この場合、導体の種類および他の導体への類似性に依存する個々の従来のケーブルの誘導リアクタンスは、

$$X_{c o n v} = 0.16 \text{ ohm} / \text{km}$$

ここで、5 0 0 0 A の短絡回路電流が外部回路網 1 0 0 から結線 9 0 に到達するものと仮定すると、当業者に公知の計算方法により、結線 9 0 の終端に、換言すれば負荷 4 4 付近の終端に約 4 1 9 0 A の過電流が生じることが判る。

【 0 0 8 1 】

先に述べた接続線路 9 0 は、3 芯の同軸超電導ケーブルのグループを用いることにより形成されるならば、下式に等しい個々の超電導ケーブルの誘導リアク

ンスを有する。

【 0 0 8 2 】

$$X_{sup} = 0.0264 \text{ ohm/km}$$

出願人は、同軸型超電導ケーブルのリアクタンス値が、従来のケーブルのそれよりかなり低く、かつ先の事例では、略々6分の1に等しいことを観察した。

【 0 0 8 3 】

次に再び5000Aの値を持つ短絡回路電流が、本例では同軸型超電導ケーブルで形成された接続線路90の外部の回路網100からの結線に到達するものと仮定すると、結線の終端で約4500Aの過電流が生じ、前の場合と比較して約7%の増加となる。

【 0 0 8 4 】

本発明によれば、ケーブルの3本の帰還超電導体が一緒に図4に関して述べた方法と同様な方法で接地された後、ソレノイドが各相の導体に形成され、下記のリアクタンスを有し、

$$X_{add} = X_{conv} - X_{sup} = (0.16 - 0.0264) \text{ ohm/km} = 0.1336 \text{ ohm/km}$$

従って、下記のインダクタンスを有する。

【 0 0 8 5 】

$$L_{add} = X_{add} / (2\pi f) = 0.354 \text{ mH/km}$$

但し、

$X_{add}$  は、結線のkm当たりの個々の相と直列に接続されるリアクタンス、

$X_{conv}$  は、結線のkm当たりの従来のケーブルのリアクタンス、

$X_{sup}$  は、結線のkm当たりの同軸型超電導ケーブルのリアクタンス、

$L_{add}$  は、結線のkm当たりの個々の相と直列に接続されるインダクタンスである。

【 0 0 8 6 】

このように、従来のケーブルの効果に似た効果、換言すれば、前記の短絡回路の値の増加を打消す効果が得られる。従って、接続線路90は、従来のケーブルで構成されたかのように短絡回路の存在時の動作を呈する。

【 0 0 8 7 】

$L_{add} = 0.354 \text{ mH/km} \times 8 \text{ km} = 2.83 \text{ mH}$ を持つ誘導素子が、例えば超電導ケーブルの各相の出線を持つソレノイドを構成することにより得られる。このようなソレノイドの特性は、

巻き数 = 26

巻き径 = 1.5 m

巻き高さ = 2 m

導体の長さ = 245 m

本発明の更に他の実施の形態による別の誘導素子は、特性が例えば下記となる適切な鉄心を持つソレノイドを含む。すなわち、

巻き数 = 1

巻き径 = 0.5 m

巻き高さ  $\leq 0.2 \text{ m}$

導体の長さ = 3.14 m

本例では、同軸型超電導ケーブルが、このような接続線路に適する従来のケーブルに対するリアクタンス値が超電導ケーブルのそれと実質的に同じくなるように、値が従来のケーブルのリアクタンスと超電導ケーブルのリアクタンスとの間に、値が従来のケーブルのリアクタンスと直列に接続されるものと仮定する。しかし、システムの構成要素が許すならば短絡回路における相対的増加を許容することにより、値が前述のリアクタンスの一部（例えば、半分に等しい）に等しいリアクタンスを接続することが可能である。例えば、値が従来のケーブルの値の半分に等しいリアクタンス、

$$X_{add1} = (X_{conv} - X_{sup})/2 = (0.16 - 0.0264)/2 \text{ ohm/km} = 0.0668 \text{ ohm/km}$$

が、前に述べた接続線路に接続されるならば、短絡回路電流における増加は約4%である。

#### 【 0 0 8 8 】

同軸型超電導ケーブルを、従来のケーブルの動作より優れた動作を生じるよう合計リアクタンスが従来のケーブルのリアクタンスを越えるような値であるリアクタンスと直列に接続することも可能である。いずれ場合も、同軸型超電導ケーブルを用いる接続線路を、このような接続線路に適する相当な従来のケーブルと

実質的に互換可能にするために、超電導ケーブルのリアクタンスを増加しなければならず、かつ望ましくは従来のケーブルの大きさと同じ程度の大きさでなければならない。

【 0 0 8 9 】

出願人は、付加的な誘導素子が相超電導体のどれかの終端に、かつ望ましくは超電導ケーブルが周囲温度の従来のケーブルに接続される端子領域に配置されることが望ましいことに注目する。

【 0 0 9 0 】

他の実施の形態によれば、相超電導体の両端部に配置され、先に述べたように決定された合計インダクタンス値に等しい値を持つ更に2つの誘導素子を用いることが可能である。

【 0 0 9 1 】

前述の誘導素子はまた、周囲温度で空中に配置される（例えば、銅から作られた）従来の導体からも作られる。

しかし、出願人は、本発明は、このような誘導素子が帰還導体のない同じ超電導ケーブルを用いて作られるならば、特に有利であると観察する。これは、当該方法がソレノイドの形成に用いた導体の全長にわたり生じる抵抗損を著しく低減するゆえである。問題となる場合は、例えば  $500 \text{ mm}^2$  の断面を持つ銅線から形成されるソレノイドの損失は、 $12 \text{ W/m/相}$  程度であるが、超電導体から形成されたソレノイドの損失は、（冷却効率を含み） $6 \text{ W/m/相}$  程度である。

【 0 0 9 2 】

更に、超電導ケーブルと更に他の誘導素子の両者は、先に述べたような金属または複合タイプの支持部を持つことが望ましい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

3 相の超電導ケーブルを示す図である。

【図 2】

3 芯同軸超電導ケーブルに対する接続端子を示す図である。

## 【 図 3 】

本発明の実施の形態による配電線路を示す概略図である。

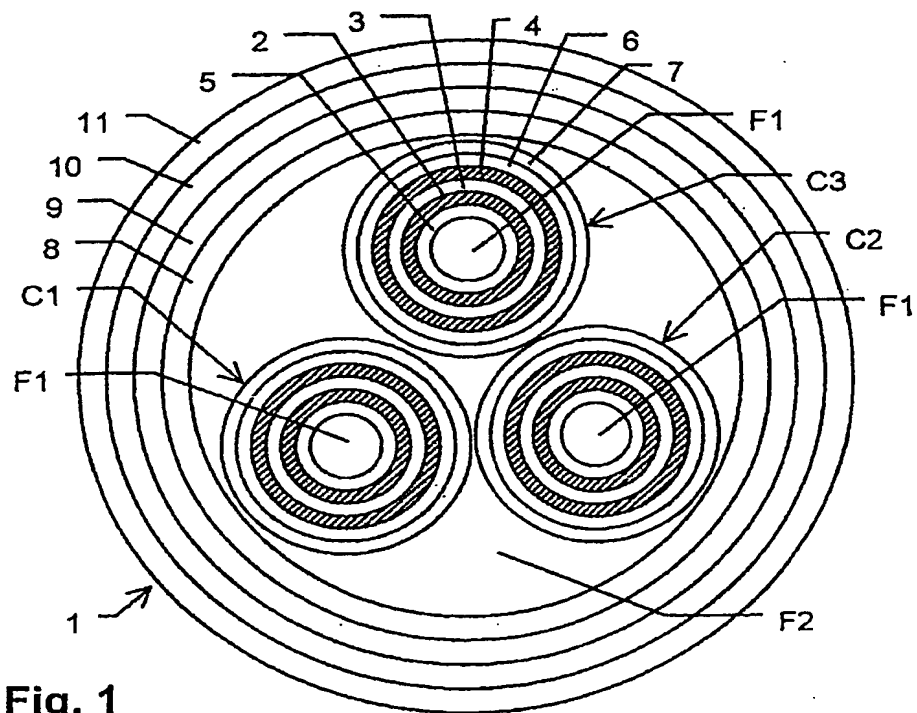
## 【 図 4 】

本発明の実施の一形態による図 2 における端子を示す図である。

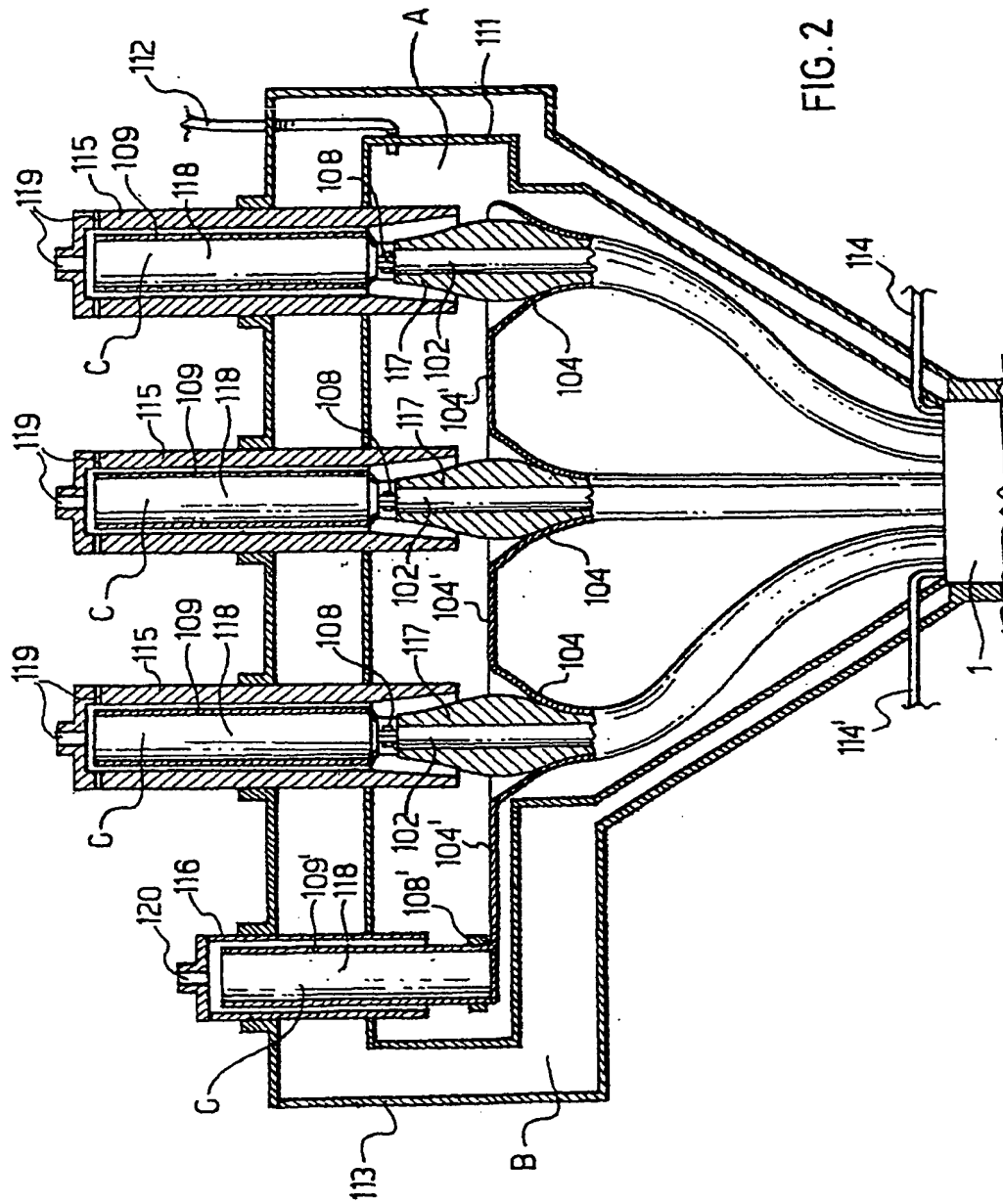
## 【 図 5 】

放射状送電線路を示す概略図である。

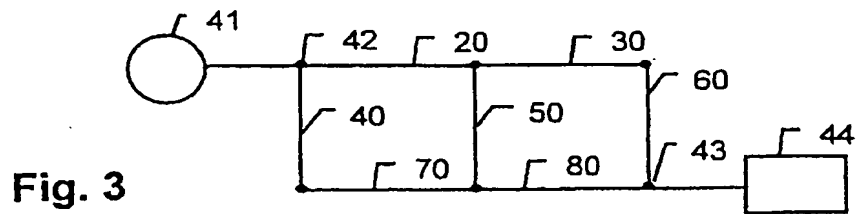
## 【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

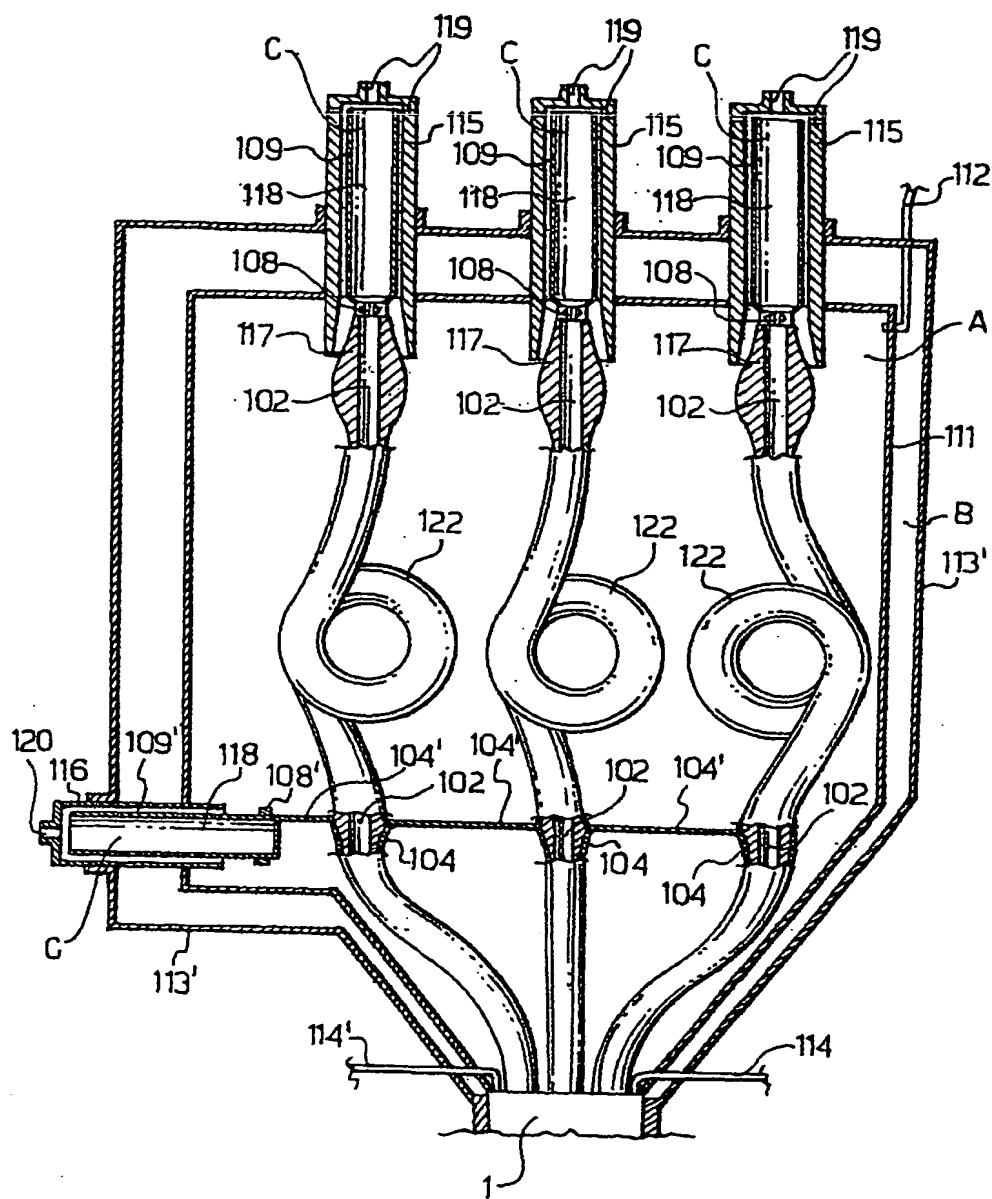


FIG. 4

【 図 5 】

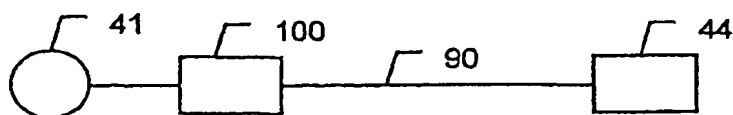


Fig. 5

【手続補正書】特許協力条約第 34 条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成 12 年 9 月 29 日 ( 2000 . 9 . 29 )

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回路網のノード間の線路を接続する連結ノードと、

前記回路網の 2 つのノード間に接続された第 1 のリアクタンスが関連する同軸超電導ケーブルと、

を含む送電回路網であって、

少なくとも 1 つの誘導素子をも含み、前記同軸型超電導ケーブルと直列に接続された第 2 のリアクタンスが前記誘導素子と関連することを特徴とする回路網。

【請求項 2】 前記第 1 のリアクタンスと前記第 2 のリアクタンスとの和が、接続線路に適する従来のケーブルのリアクタンスに実質的に等しい値の第 3 のリアクタンスに実質的に等しいことを特徴とする請求項 1 記載の回路網。

【請求項 3】 少なくとも 1 つの前記誘導素子が超電導ケーブルを含むことを特徴とする請求項 1 記載の回路網。

【請求項 4】 少なくとも 1 つの前記誘導素子がコアを含むことを特徴とする請求項 1 記載の回路網。

【請求項 5】 少なくとも 1 つの前記誘導素子が前記同軸型超電導ケーブルの一端部に配置されることを特徴とする請求項 1 記載の回路網。

【請求項 6】 少なくとも 1 つの前記インダクタンスが、一方が前記超電導ケーブルの一端部に配置され他方が反対側端部に配置される 2 つの部分を含むことを特徴とする請求項 1 記載の回路網。

【請求項 7】 前記同軸型超電導ケーブルが多相タイプであることを特徴と



する請求項1記載の回路網。

【請求項8】 前記超電導ケーブルの各相と直列に接続された少なくとも1つの誘導素子を備えることを特徴とする請求項7記載の回路網。

【請求項9】 前記同軸型超電導ケーブルが導電体の支持部を含むことを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項10】 前記同軸型超電導ケーブルが複合材料の支持部を含むことを特徴とする請求項1記載の回路網。

【請求項11】 同軸型超電導ケーブルを用いる接続線路を送電システムに組込む方法であって、

前記接続線路に適する従来のケーブルのリアクタンスを決定するステップと、  
予め定めたリアクタンスを持つ前記同軸型超電導ケーブルを組込むステップと

、  
前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスが前記従来のケーブルのリアクタンスに実質的に等しくなるように前記同軸型超電導ケーブルと直列に誘導素子を接続することにより、該同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップと、  
を含む方法。

【請求項12】 前記誘導素子が超電導体であることを特徴とする請求項11記載の方法。

【請求項13】 前記同軸型超電導ケーブルが達した最高温度が超電導体の臨界温度と冷却流体の最低使用圧力における流体の沸点との間の最低温度より低くなるように、並列の導通経路を前記同軸型超電導ケーブルと関連させるステップを含むことを特徴とする請求項11記載の方法。

【請求項14】 送電システムにおいて、従来のケーブル接続線路を同軸型超電導ケーブル接続線路で置換する方法であって、

前記従来のケーブルを除去するステップと、

前記同軸型超電導ケーブルを組込むステップと、

を含む方法において、

誘導素子を前記同軸型超電導ケーブルと直列に接続することにより、前記同軸

型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップを更に含むことを特徴とする方法。

【請求項15】 前記従来のケーブルのリアクタンスを決定するステップと、

前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスが、前記従来のケーブルのリアクタンスと実質的に等しくなるように、前記同軸型超電導ケーブルのリアクタンスを増加するステップと、

を更に含むことを特徴とする請求項14記載の方法。

【請求項16】 前記誘導素子が超電導体を含むことを特徴とする請求項14記載の方法。

【請求項17】 前記同軸型超電導ケーブルが達した最高温度が、超電導体材料の臨界温度と冷却流体の最低使用圧力における該冷却流体の沸点との間の最低温度より低くなるように、並列の導通経路を前記同軸型超電導ケーブルと関連させるステップを含むことを特徴とする請求項14記載の方法。

【請求項18】 周囲温度において多相ケーブルと電気装置との間を接続する断熱端子であって、前記ケーブルが、各相ごとに、相超電導体と介挿された絶縁層と同軸の帰還超電導体とを有する少なくとも1つの同軸ユニットを含み、かつ前記同軸ユニットの各々の前記超電導体を超電導状態に維持する熱制御手段を含む断熱端子において、

各相超電導体と直列に接続された誘導素子を  
含むことを特徴とする断熱端子。

【請求項19】 少なくとも1つのケーシングと、  
冷却手段と、

周囲温度における前記装置に対する接続のための対応する相コネクタを有する、  
各相超電導体に対する活動状態の電流リード線と、  
を備え、

前記電流リード線は、前記相超電導体と電流リード線の前記コネクタとの間に抵抗導体が設けられ、前記抵抗導体と前記相超電導体との間の接続領域が、前記ケーシング内部に配置される

ことを特徴とする請求項 18 記載の端子。

【請求項 20】 上端部が周囲温度において装置へ接続される帰還コネクタに接続された、1つの帰還抵抗導体が設けられた1つの帰還電流リード線と、

超電導体材料から作られた、前記帰還超電導体と1つの前記帰還抵抗導体との間の接続手段と、

を備え、

超電導体材料から作られた前記接続手段と1つの前記帰還抵抗導体との間の接合領域と、前記帰還超電導体と1つの前記抵抗導体との間の少なくとも前記接続手段とが、前記ケーシング内部にあり、かつ前記冷却手段の存在により超電導状態に対応する臨界温度より低い温度にある

ことを特徴とする請求項 18 記載の端子。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H01B12/00		International Application No. PCT/EP 99/10442
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 18, no. 17 (E-1488), 12 January 1994 (1994-01-12) & JP 05 258622 A (CENTRAL RES INST OF ELECTRIC POWER IND), 8 October 1993 (1993-10-08) abstract	1
A	EP 0 780 926 A (PIRELLI CAVI) 25 June 1997 (1997-06-25) cited in the application page 4, line 23 -page 8, line 29; figures 1-8	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "B" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 March 2000		Date of mailing of the international search report 31/03/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentplan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 840-6040, Tx. 51 651 epo nl, Fax (+31-70) 840-6016		Authorized officer Demolder, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/EP 99/10442

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 05258622 A	08-10-1993	NONE	
EP 780926 A	25-06-1997	IT M1952723 A	23-06-1997
		AU 707596 B	15-07-1999
		AU 7427196 A	26-06-1997
		BR 9604741 A	23-06-1998
		CA 2192533 A	22-06-1997
		JP 9190847 A	22-07-1997
		NZ 299899 A	25-03-1998

## フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW

(71)出願人 Pirelli Cavi e Siste  
mi S. p. A

Fターム(参考) 5G013 AA01 AA04 BA01 CA02